

Betriebs- und Einsatzoptimierung von Erneuerbare-Energien-Anlagen durch IKT

Anwendungsfall: Eigenstromoptimierung



Fraunhofer IEE
Manuel Wickert
manuel.wickert@iee.fraunhofer.de

André Baier
andre.baier@iee.fraunhofer.de

ARGE-Netz
Dr. Martin Grundmann
grundmann@arge-netz.de

DLR
Dr. Benedikt Hanke
benedikt.hanke@dlr.de

Dr. Detlev Heinemann
detlev.heinemann@dlr.de

Dr. Thomas Vogt
t.vogt@dlr.de

Fraunhofer ISE
Dr. Sven Killinger
sven.killinger@ise.fraunhofer.de

FZ Jülich
Dr. Bart Pieters
b.pieters@fz-juelich.de

KIT
Prof. Dr. Veit Hagenmeyer
veit.hagenmeyer@kit.edu

UFZ
Prof. Dr. Daniela Thrän
daniela.thraen@ufz.de

ZSW
Leon Schröder
leon.schroeder@zsw-bw.de

Fluktuierende erneuerbare Energien aus Wind und Sonne werden zukünftig die Versorgung der Sektoren Strom, Wärme und Verkehr zu wesentlichen Teilen gewährleisten und durch ihre Spezifika prägen. Um dies wirtschaftlich und technisch sinnvoll umzusetzen ist ein intelligenter Betrieb aller beteiligten Energieanlagen inklusive der Lasten, der flexiblen Erzeugung und der Speichersysteme notwendig. Dabei können sowohl lokale wie auch überregionale Betriebsführungsstrategien einen sinnvollen Beitrag leisten.

Im folgenden Artikel beleuchten wir die lokale Eigenstromoptimierung in verschiedenen Skalierungsstufen von Einzelhaushalten bis zur Optimierung von größeren Lasten an Windparks.

Einleitung

Die Optimierung des Eigenstroms durch lokale Lasten oder Speichersysteme kann verschiedene Gründe haben. Meistens sind wirtschaftliche Aspekte auf Seiten des Anlagenbetriebs für eine Eigenstromoptimierung ausschlaggebend. Insbesondere die Vermeidung von Einspeisereduktionen bzw. Abschaltungen des Netzbetreibers und die Verringerung der Energieversorgungskosten gehören dazu. Weitere Gründe können die intensivere Nutzung von Grünstrom sowie der Gedanke einer hohen Autarkie sein.

Die Umsetzung eines Anwendungsfalls basiert meist auf einem mathematischen Optimierungsmodell. Das Modell wird verwendet um eine optimale Betriebsweise einer Anlage oder eines Anlagenportfolios unter gegebenen Randbedingungen zu berechnen. Zur Berechnung eines konkreten Optimierungslaufes werden Mess- und Prognosedaten verwendet um eine konkrete Instanz des abstrakten Modells zu erstellen. Um die Daten aufzunehmen und Mess- und Prognosedaten zu verwenden sind wiederum IKT-basierte Systeme notwendig, die die verschiedenen Sensordaten erfassen, validieren und in Parameter für das Modell umrechnen. Außerdem bilden diese Daten die Grundlage für die dahinterstehenden Prognosesysteme.

In den nächsten Abschnitten wird auf die Modellbildung und konkrete Anwendungen der Modelle eingegangen. Im Anschluss daran wird von den

Erfahrungen aus der Umsetzung berichtet. Abschließend wird ein Fazit über die wesentlichen Aspekte gezogen.

Modellbildung

Die Modellbildung umfasst die Erstellung eines mathematischen Modells der beteiligten Anlagen und der Modellierung der Zielstellung (Optimierungsziel).

Grundsätzlich wird zwischen linearer und nichtlinearer Optimierung unterschieden. Während bei der linearen Optimierung alle Zusammenhänge durch lineare Abhängigkeiten beschrieben werden können, existieren bei nichtlinearer Optimierung unterschiedliche nichtlineare Zusammenhänge. Im Energiesektor kommen für eine betriebswirtschaftliche Optimierung oft lineare gemischt-ganzzahlige Optimierungen zum Einsatz. Wobei Nicht-Linearitäten wie z. B. eine Wirkungsgrad-Kennlinie durch Vereinfachungen linearisiert werden. Dadurch können selbst größere Optimierungsmodelle in annehmbarer Zeit ausreichend genau gelöst werden.

Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Aufstellung des Optimierungsmodells ist der Umgang mit Unsicherheiten während der Optimierung – induziert z. B. durch Prognoseunsicherheiten. Viele Modelle werden aktuell deterministisch umgesetzt. Das bedeutet: Für die zukünftige Entwicklung eines Werts wird eine Prognose verwendet, die den Erwartungswert darstellt.

Stochastische Optimierungen dagegen werden verwendet, um Unsicherheiten in der Zukunft besser betrachten zu können. Dabei können aus probabilistischen Prognoseinformationen Szenarien generiert werden und auf Basis dieser Szenarien eine stochastische Optimierung durchgeführt werden. Die Ergebnisse berücksichtigen dann nicht nur einen möglichen Pfad für die Zukunft, sondern unterschiedliche Szenarien. Diese Methode ist in der Umsetzung um einiges komplexer, kann aber bei korrekter Implementierung zu einer Minimierung des Risikos führen.

Ein Beispiel für die erfolgreiche Umsetzung einer stochastischen Optimierung zum Einsatz eines Batteriespeichers ist in [1] beschrieben.

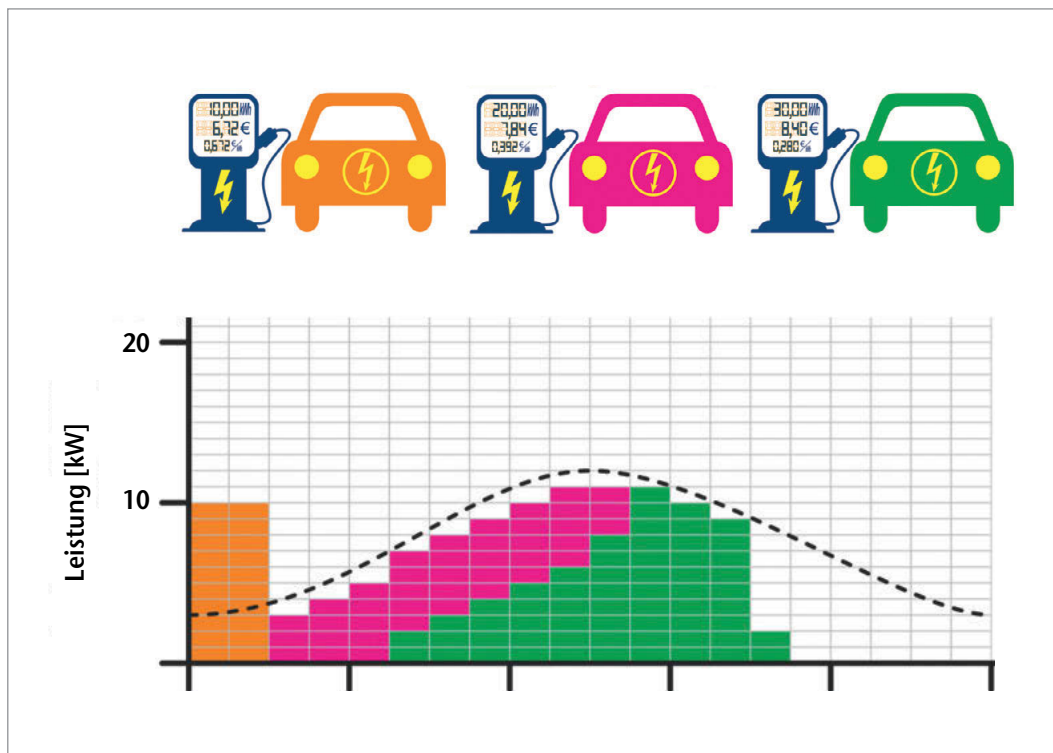


Abbildung 1

Lademanagement für E-Mobilität:

Beispiel eines Lademanagements zur Nutzung von PV-Strom mit Anpassung der Ladeleistung an das aktuelle PV-Angebot

Anwendung der Eigenstromoptimierung

Anhand von drei Beispielen sollen verschiedene Anwendungsmöglichkeiten der Eigenstromoptimierung verdeutlicht werden:

1. Lastmanagement in Mehrmieter-Gewerbeimmobilien

Elektromobilität ist in Deutschland auf dem Vormarsch und wird sich in den nächsten Jahren immer mehr zu einer weiteren etablierten Kraftstoffform entwickeln. Für die zukünftige Arbeitsplatzgestaltung wird daher das Bereitstellen einer Ladeinfrastruktur für die Elektrofahrzeuge der Mitarbeitenden sowie des eigenen Fahrzeugpools immer wichtiger. Zur Vermeidung von Lastspitzen durch die Fahrzeuge, sowie zur Nutzung von möglichst lokal erzeugtem PV-Strom ist dafür ein lokales Lademanagement von Vorteil, das einerseits die aktuelle aber auch die zukünftige Erzeugung berücksichtigt und andererseits die Ladung der Elektrofahrzeuge nach Vorgaben der Nutzer intelligent steuert. Im Projekt ENIGMO [2] wird ein wirtschaftlich tragfähiges Konzept erarbeitet, das die Eigenstromversorgung optimiert und eine Umsetzung als Partizipationsmodell anstrebt.

2. Pelletkessel-Betriebsoptimierung

Eine energiebasierte Optimierung ist nicht immer ausschließlich aus Sicht des Stromsektors möglich. Auch im Wärmebereich wird die Digitalisierung noch

einige Potenziale erschließen können und damit die Effizienz in diesem Sektor erheblich verbessern. Ein Beispiel hierfür ist die Optimierung einer Pelletkesselanlage. Durch eine intelligente Betriebsoptimierung konnte hier der Kesselnutzungsgrad um 8% und der Systemnutzungsgrad um 6% gesteigert werden. In Verbindung mit dem erforderlichen Pufferspeicher kann auch die Eigenerzeugung von Strom als Randparameter aufgenommen werden, so dass der Hilfsstromverbrauch für Brennstoffförderung und Kesselgebläse in Zeiten hoher Eigenerzeugung erfolgen könnte.

3. Windpark mit Batterie und Power2Gas-Anlage

Durch den Einsatz einer Batterie und einer Power2Gas-Anlage an einem Windpark in Norddeutschland kann einerseits bei Netzengpässen die Energie zwischengespeichert bzw. ins Gasnetz eingespeist werden. Außerdem kann die Nutzung des Wasserstoffs in einer Fahrzeugflotte die Nutzung von Eigenstrom wirtschaftlich machen.

Unter Annahme geänderter Regulatorik bzgl. der Einspeisevergütung und des oben dargestellten Testaufbaus kann eine Eigenstromoptimierung aktuell nur Erlöse unterhalb von 10.000 Euro pro Monat generieren. In Szenarien ohne Marktprämie oder Marktprämien von ca. 4-5 ct. lassen sich Erlöse bis zu 14.216 Euro pro Monat generieren. Ohne entsprechende Förderung der Investition ist hier eine Eigenstromnutzung aktuell noch kein tragfähiges Geschäftsmodell.

Abbildung 2
**Pelletkessel-Betriebs-
optimierung:**
Optimierter Fahrplan
zur Verbesserung der
Wirkungsgrade

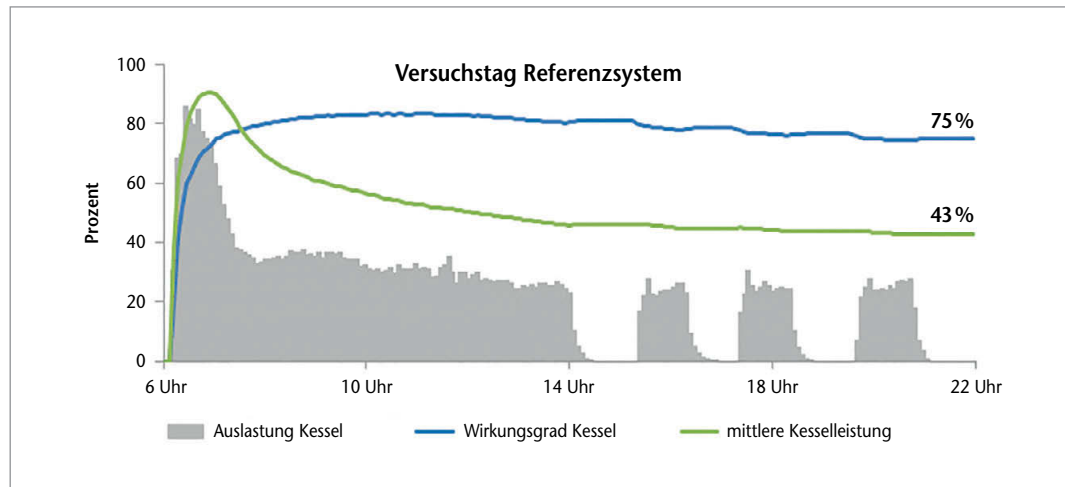
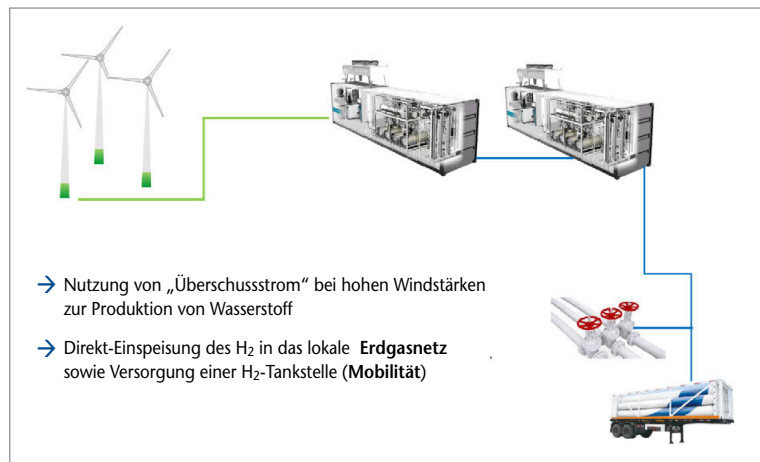


Abbildung 3
**Windpark mit
H₂-Anlage und Batterie**



Umsetzung der Eigenstromoptimierung

Zur Umsetzung einer Optimierung ist neben der Software zur Durchführung der optimierten Betriebsführung, die IKT zum Auslesen von Messwerten und Steuern der Anlagen entscheidend. Außerdem sind Prognosesysteme zur Vorhersage von nicht beeinflussbaren Lasten oder Erzeugungsflüssen notwendig. Für die Umsetzung von Optimierungsprojekten ist gerade die Installation dieser IKT und die intelligente Verknüpfung mit dem Optimierungskern eine wesentliche Herausforderung. Gerade für kleine Anlagen lohnt sich eine nachträgliche Investition von IKT oft nicht, da die erwarteten zusätzlichen Erlöse nicht die Abschreibung der Investitionskosten der IKT übersteigen. Wird allerdings bei der Anlagenplanung oder sogar bereits bei der Produktion die IKT berücksichtigt, lassen sich selbst für Kleinanlagen mit wenigen kW wirtschaftliche Anwendungsfälle realisieren.

Wird die IKT für Sensorik und Aktorik im Nachhinein installiert, sind folgende Punkte von besonderer Relevanz:

- vorhandene Sensoren und Signalwege bzw. Feldbusse über die die Sensorwerte eingelesen werden können
- Möglichkeiten die Anlage zu steuern und diese Steuerungssignale an die Anlage weiterzugeben
- historische Messwerte zur Kalibrierung der Prognosesysteme

Auf Basis dieser Informationen kann ermittelt werden welche IKT vor Ort installiert, welche Regelalgorithmen erweitert und welche Sensorik nachgerüstet werden muss.

In der Praxis zeigen sich immer wieder Probleme bei der Nachrüstung der Systeme nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten. So gibt es z. B. große Kühlhäuser, deren Kühlvolumen als Flexibilität innerhalb festgelegter Temperaturgrenzen angesehen werden kann, die allerdings keine digital auslesbaren Temperatursensoren besitzen.

Neben der reinen Existenz von Sensoren ist die Qualität der Sensordaten sehr heterogen. Sind Sensoren beispielsweise falsch platziert, können die Sensordaten nur unzureichend Informationen liefern und im schlimmsten Fall lassen sich die für die Optimierung notwendigen Informationen nicht oder nur mit großen Aufwänden aus den Daten gewinnen.

Fazit

Die intelligente Optimierung der Anlagen unterstützt die Integration erneuerbarer Energien für zentrale aber auch für dezentrale Ansätze. Sektorübergreifende Ansätze zu Mobilität, Wärme aber auch Gas lassen sich mit moderner IKT umsetzen. Allerdings ist an vielen Stellen noch keine durchgängige Integration von Sensordaten in Modellen möglich, so dass einige Optimierungspotenziale auf der Strecke bleiben.

Um in Zukunft die Sektorenkopplung voranzutreiben und weitere Optimierungspotenziale zu heben, sollte:

- bei Herstellung oder Planung der Anlage auch auf IKT geachtet werden,
- die Berücksichtigung von Unsicherheiten in der Optimierung vorangetrieben werden,
- weitere Informationen, wie Abnutzungsmodelle der Anlagen, Einzug in eine ganzheitliche Betrachtung finden,
- die Erhöhung von Automatisierung über die gesamte Kette von der Anlage bis zum Markt durchgeführt werden.

Quellenangaben

- [1] R. Appino et al., On the Use of Probabilistic Forecasts in Scheduling of Renewable Energy Sources Coupled to Storages. Applied Energy, 2018
R. Appino et al., Scheduling Storage Operation with Stochastic Uncertainties – Feasibility and Cost of Deviation. PSCC, 2018
- [2] <http://www.emgimo.eu>